



TEKNOLOGI PENURUNAN KADAR ION LOGAM PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI



Penerbit

**TEKNOLOGI PENURUNAN KADAR ION LOGAM
PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI**

**Disusun Oleh :
Dyah Suci Perwitasari**

Penerbit : CV. Mitra Abisatya

TEKNOLOGI PENURUNAN KADAR ION LOGAM PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI

Penulis :

Dyah Suci Perwitasari

Desain dan Tata Letak Sampul : Penerbit

ISBN : 978-623-6859-63-6

Diterbitkan pertama kali dalam bahasa Indonesia
oleh :

CV. Mitra Abisatya

Email : penerbitmitraabisatya@gmail.com

Cetakan I : Februari 2021

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang memproduksi atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa seijin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Penulisan buku ini berdasarkan beberapa hasil penelitian yang penulis lakukan yaitu tentang penurunan ion logam Krom dengan resin penukar ion dan biosorpsi logam krom pada limbah cair penyamakan kulit menggunakan ampas tahu.

Logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Logam berat dapat menyebabkan pencemaran melalui berbagai perantara, seperti udara, makanan, maupun air. Jika keadaan ini berlangsung dalam jangka waktu lama dapat membahayakan kesehatan manusia. Kromium yang masuk kedalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber-sumber masukan logam Krom kedalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian. Limbah cair yang dikeluarkan biasanya sangat keruh, bewarna dan berbau busuk. Hal tersebut dapat menyebabkan masalah serius pada badan air, masyarakat dan lingkungan apabila limbah tersebut tanpa penanganan khusus langsung dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu diperlukan proses adsorpsi yang mempunyai kemampuan dalam menangkap logam berat dengan efisiensi tinggi yaitu dengan metode pertukaran ion menggunakan resin dan biosorpsi massa ampas tahu sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri.

Semoga dengan adanya penulisan buku ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi bagi setiap individu atau masyarakat untuk berbagi ilmu pengetahuan.

Keberadaan buku ini belumlah sempurna, untuk itu dengan senang hati Penulis menerima masukan, kritik dan saran demi kesempurnaan buku ini.

Penulis

DAFTAR ISI

Prakata	i
Daftar isi	iii
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1. Tinjauan Umum.....	1
I.2. Pengolahan Limbah B3.....	4
I.3. Logam Berat	7
I.3.1. Kromium.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
II.1. Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit	11
II.2. Resin Penukar Ion.....	15
II.2.1. Jenis-jenis resin.....	15
II.3. Ampas Tahu.....	18
BAB III. TEKNOLOGI PENURUNAN KADAR ION LOGAM	
III.1. Pertukaran Ion.....	21
III.1.1. Mekanisme Pertukaran Ion.....	22
III.1.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pertukaran Ion	22
III.2. Adsorpsi.....	24
III.2.1. Biosorpsi.....	25
III.2.1.1 Faktor-faktor Biosorpsi	26
III.3. Mekanisme Adsorpsi Logam	28
BAB IV. CONTOH PENELITIAN	
IV.1. Penurunan ion logam Krom dengan resin penukar ion dalam limbah cair penyamakan kulit	31
IV.2. Biosorpsi logam Krom total pada limbah cair penyamakan kulit menggunakan ampas tahu	45

BAB V. KESIMPULAN.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN.....	62
GLOSARIUM	66
INDEKS	68

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Tinjauan Umum

Salah satu jenis industri yang menggunakan bahan berbahaya dan beracun (B3) pada proses produksinya adalah industri penyamakan kulit yang menggunakan senyawa kromium (Asmadi dkk, 2009). Senyawa krom dalam limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari proses produksi penyamakan kulit, dimana dalam penyamakan kulit yang menggunakan senyawa kromium sulfat, tidak semuanya dapat terserap oleh kulit pada proses penyamakan sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk cairan sebagai limbah cair (Sahlan dkk, 2016).

Menurut Bugis (2017) logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Logam berat dapat menyebabkan pencemaran melalui berbagai perantara, seperti udara, makanan, maupun air. Jika keadaan ini berlangsung dalam jangka waktu lama dapat membahayakan kesehatan manusia. Kromium yang masuk kedalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber-sumber masukan logam Krom kedalam strata lingkungan yang

umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian.

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang memiliki limbah dalam jumlah yang cukup besar, yaitu dalam bentuk padat, cair dan gas. Limbah tersebut berasal dari kulit yang diproses, bahan untuk proses, dan air. Limbah dari kulit berupa bulu, sisa-sisa daging dan potongan-potongan kulit, sedangkan limbah dari bahan proses berupa garam, kapur dan bahan kimia lainnya (Sugihartono, 2018). Air buangan limbah industri penyamakan kulit umumnya mengandung logam krom yang berasal dari proses penyamakan dengan menggunakan senyawa krom sulfat antara 60-70%. Namun demikian, pada proses penyamakan tersebut, tidak semua larutan krom sulfat terserap oleh kulit, sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk limbah cair. Keberadaan krom dalam limbah cair penyamakan kulit dengan kadar yang tinggi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berdampak buruk bagi kesehatan. Disamping itu, limbah krom trivalent akan menimbulkan masalah jika teroksidasi menjadi ion krom ber valensi enam (heksavalen) yang bersifat toksik (Ma'mun, 2016).

Terdapat beberapa metode untuk menghilangkan ion logam berat dari larutan yang terdiri dari metoda fisika, kimia, dan biologi. Metode konvensional untuk menghilangkan ion

logam beracun dari larutan telah direkomendasikan, seperti presipitasi kimia, filtrasi, pertukaran ion, perlakuan elektrokimia, teknologi membran, pelapisan, adsorpsi pada karbon aktif, penguapan dan fotokatalisis (Gautam, 2014). Teknik fisika dan kimia membutuhkan biaya yang tinggi, proses yang lama dan pelarut yang banyak sehingga menjadi masalah baru dalam sistem pembuangannya (Hevira, 2019).

Ion logam Krom dapat menyebabkan masalah serius pada badan air, masyarakat dan lingkungan apabila limbah tersebut tanpa penanganan khusus langsung dibuang ke lingkungan. Sehingga dengan metode pertukaran ion dan biosorpsi menggunakan biomassa ini dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri penyamakan kulit. Metode absorpsi pada pertukaran ion menggunakan resin dowex dan biomassa yang telah dilakukan dapat menurunkan kandungan ion logam Krom dalam limbah cair penyamakan kulit. dengan cara mengkontakan limbah cair dan resin dengan berbagai variable yang telah ditentukan. Ion logam Krom yang bermuatan positif akan bertukar dengan ion H^+ yang terdapat pada resin dowex. Sehingga kandungan ion logam Krom pada limbah cair penyamakan kulit dapat diturunkan dengan proses pertukaran ion menggunakan resin

dan biosorpsi massa ampas tahu yang dipengaruhi oleh waktu kontak dan berat adsorben masing-masing yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

I.2 Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3)

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 101 tahun 2014 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun. Limbah B3 adalah limbah atau bahan yang berbahaya, karena jumlahnya, konsentrasi atau sifat-sifat fisika, kimia dapat menyebabkan atau secara signifikan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan penyakit, kematian dan berbahaya bagi kesehatan manusia atau lingkungan jika tidak benar-benar diolah atau dikelola, disimpan, dibawa, atau dibuang (Utami, 2018).

Umumnya pengolahan limbah cair yang mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dapat dilakukan secara kimia. Pengolahan ini termasuk reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Beberapa upaya pengolahan limbah Cr(VI) yang telah dilakukan seperti bioreduksi, ion exchange, adsorpsi dengan karbon aktif dan reduksi dengan bantuan bakteri, dimana memiliki kelemahan yaitu diperlukannya energi yang

sangat tinggi dan/atau bahan kimia yang sangat banyak (Agustina, 2018).

Menurut PP 101/2014, pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3) adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan. Berikut merupakan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3) ;

1. Reduksi

Reduksi limbah yang diterapkan di merupakan strategi untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya pengolahan limbah padat. Langkah-langkah kongkrit yang dilakukan dalam meminimasi limbah adalah sebagai berikut :

- a. Melalui program “*Good Housekeeping*” dengan semboyan 5R, dimana 5R tersebut merupakan singkatan dari Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin.
- b. Pemisahan limbah padat B3 dan Non B3 sejak dari sumber melalui dua tempat sampah dengan warna berbeda, yaitu merah untuk limbah B3 dan biru untuk limbah Non B3. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pengelolaan dan efisiensi waktu.

2. Reuse

Sebagian besar limbah padat B3 yang terbentuk dari proses produksi yang masih berada dalam kondisi baik dan layak

untuk digunakan kembali, maka dilakukan *reuse* terhadap limbah-limbah padat B3 tersebut untuk mengurangi jumlah limbah padat B3 yang harus dibuang. Contoh kegiatan *reuse* adalah memanfaatkan kembali drum bekas bahan kimia untuk pewadahan sementara limbah cair B3.

3. Pewadahan dan Pengumpulan

Pewadahan dan pengumpulan dilakukan *intern* perusahaan, artinya kegiatan tersebut dilakukan oleh perusahaan itu sendiri dan dalam lingkungan perusahaan itu juga. Pewadahan dan pengumpulan dilakukan di masing-masing seksi penghasil sesuai dengan karakteristik limbah yang dihasilkan, namun khusus limbah dari bagian produksi dikumpulkan di Transit Limbah. Pewadahan sebelum *Inplant Treatment* dilakukan dengan plastik sedangkan sesudah *Inplant Treatment* dilakukan dengan drum volume 200 liter.

4. Pengangkutan *Intern*

Pengangkutan *Intern* merupakan pengangkutan limbah padat B3 dari masing-masing sumber timbulan ke tempat penyimpanan sementara (*intern*). Jika jumlah limbah kecil, maka pengangkutan dilakukan dengan menggunakan lori, namun untuk meningkatkan *safety*, dalam mengangkut drum bahan kimia berbahaya digunakan *pick up* (Syafrudin, 2008).

I.3 Logam Berat

Logam berat dapat masuk kedalam tubuh manusia yang dalam skala tertentu membantu kinerja metabolisme tubuh dan mempunyai potensi racun jika memiliki konsentrasi yang terlalu tinggi. Berdasarkan sifat racunnya logam berat dapat dibagi menjadi 3 golongan :

1. Sangat beracun, dapat mengakibatkan kematian atau gangguan kesehatan yang tidak pulih dalam jangka waktu singkat. Logam tersebut antara lain : Pb, Hg, Cd, Cr, As, Sb, Ti, dan U.
2. Moderat, mengakibatkan gangguan kesehatan baik yang dapat pulih maupun yang tidak dapat pulih dalam jangka waktu yang relatif lama. Logam tersebut antara lain : Ba, Be, Au, Li, Mn, Sc, Te, Va, Co, dan Rb.
3. Kurang beracun, namun dalam jumlah yang besar logam ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Logam tersebut antara lain : Bi, Fe, Mg, Ni, Ag, Ti, dan Zn. (Khairani dkk., 2007)

I.3.1 Kromium

Krom adalah logam berbentuk kristal dan berwarna putih bening yang dilambangkan dengan “Cr”. Mempunyai nomor

atom 24 dan mempunyai berat atom 51,996. Kegiatan industri yang dapat menyebabkan adanya krom di dalam lingkungan antara lain industri cat, baja, tekstil, kulit, semen, keramik, dan kertas (Khairani dkk, 2007).

Kromium dapat berada dalam semua strata lingkungan. Logam kromium dapat berada di perairan, tanah ataupun udara. Kegiatan perindustrian, rumah tangga, dan mobilitas bahan bakar dapat menyebabkan masuknya logam kromium dalam strata lingkungan. Masuknya logam kromium dalam strata lingkungan dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Kromium dapat disebut sebagai logam berat karena dalam jangka panjang dapat menyebabkan terjadinya suatu gangguan kesehatan seperti, alergi hingga tumbuhnya kanker yang dapat membahayakan manusia. Sifat toksik kromium tersebut dapat menyebabkan keracunan akut dan keracunan kronis. Oleh sebab itu kromium digolongkan dalam logam bersifat toksik (Wulaningtyas, 2018).

Pencemaran lingkungan akibat logam berat semakin meningkat seiring dengan bertambahnya industri yang melakukan proses produksi. Polutan ini terbukti meracuni perairan, berdampak buruk bagi kesehatan makhluk hidup disekitarnya, dan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan (Hasfita, 2012). Di lingkungan, krom dapat

terbentuk dalam dua tingkat oksidasi, yaitu Cr(VI) dan Cr(III) yang memiliki efek fisiologis yang berbeda. Cr (III) dianggap sebagai elemen penting untuk pemeliharaan metabolisme lemak, lipid dan protein yang efektif pada mamalia. Di sisi lain, Cr (VI) dapat menjadi racun bagi sistem biologi dan karsinogenik bagi manusia (Dai, 2012). Krom, baik Cr(VI) maupun Cr(III), dapat masuk ke dalam tanaman, hewan dan manusia. Cr(III) pada umumnya terdapat di lingkungan bebas dalam jumlah kecil, namun dalam jumlah besar, dapat berbahaya karena dapat teroksidasi menjadi Cr(IV). Krom dalam lingkungan perairan dengan konsentrasi tertentu dapat menimbulkan masalah. Cr (VI) dalam perairan mempunyai kelarutan yang tinggi dan bersifat toksik, korosif, serta karsinogenik karena dapat menimbulkan kanker paru-paru bila terakumulasi dalam tubuh. Akumulasi krom yang melebihi konsentrasi yang dibutuhkan oleh tubuh dapat menyebabkan kematian (Mayasari, 2016).

Munculnya keracunan logam berat yang berasal dari berbagai limbah industri merupakan penyebab utama keprihatinan lingkungan yang berdampak terhadap kesehatan. Kromium merupakan kontaminan yang umum pada air limbah pembuangan dari tekstil, cat, tinta, pewarna, penyamakan kulit dan industri electroplating. Kromium (III) dan kromium (VI) adalah salah satu dari logam berat, yang mempunyai potensi

karsinogen yang dapat menyebabkan kanker pada saluran ginjal dan hati. Kromium valensi tiga memiliki sifat racun yang rendah dibanding dengan valensi enam. Ion krom adalah oksidator kuat. Ion krom (VI) tereduksi menjadi kromium (III) secara lebih cepat dalam kondisi asam. Spesi krom yang paling mungkin ditemui di air adalah CrO_4^{2-} , HCrO_4^- dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Senyawa – senyawa Cr^{6+} ini mudah larut dan karenanya lebih mudah bergerak di alam (Chaidir, 2015).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

Limbah cair industri adalah buangan hasil dari proses produksi dari banyak industri yang beroperasi. Indonesia sendiri merupakan negara berkembang dengan banyak industri, sehingga pencemaran lingkungan di Indonesia seringkali terjadi dimana limbah mengandung beragam material beracun.

Kegiatan industri disamping bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan, ternyata juga menghasilkan limbah sebagai pencemar lingkungan. Limbah merupakan hasil buangan yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga maupun dari rumah sakit yang dapat berupa padat, cair, maupun gas yang akan menimbulkan gangguan baik terhadap lingkungan, kesehatan, kehidupan biotik, keindahan serta kerusakan pada benda, karena masih banyak industri yang membuang limbahnya ke lingkungan tanpa pengolahan yang benar (Khairani dkk, 2007)

Industri penyamakan kulit digolongkan kedalam industri yang mengeluarkan limbah dalam jumlah banyak dan berbahaya. Limbah yang diturunkan terdiri atas tiga macam bentuk yaitu padat, cair, dan gas. Komponen utama limbah cair

terdiri atas sulfit dan kromium. Limbah cair yang dikeluarkan sangat keruh, bewarna dan berbau busuk. Hal tersebut dapat menyebabkan masalah serius pada badan air, masyarakat dan lingkungan apabila limbah tersebut tanpa penanganan khusus langsung dibuang ke lingkungan (Suyatini dkk, 2016). Pada industri penyamakan kulit, limbah cair merupakan limbah yang dominan dibandingkan limbah padat dan gasnya. Limbah cair yang dihasilkan dari proses penyamakan kulit ini masih mengandung krom dalam konsentrasi yang cukup besar (Sahlan dkk, 2016)

Krom merupakan bahan penyamak kulit yang paling banyak digunakan oleh industri penyamakan kulit dan sekitar 85% kulit dunia disamak menggunakan Krom. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa Krom mampu bereaksi dan membentuk ikatan dengan asam amino protein kolagen kulit (Sugihartono, 2016). Krom dipilih karena memberikan keuntungan lebih banyak, yaitu harga murah, proses penyamakan cepat dan kulit yang dihasilkan jauh lebih lembut, kuat dan tahan terhadap mikroorganisme. Senyawa Krom dalam limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari proses produksi penyamakan kulit, dimana dalam penyamakan kulit yang menggunakan senyawa kromium sulfat antara 60% - 70% dalam bentuk larutan kromium sulfat, tidak semuanya dapat

terserap oleh kulit pada saat proses penyamakan sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk cairan sebagai limbah cair. Terbuangnya krom bersama limbah cair merupakan cemaran bahan berbahaya dan beracun (Sahlan dkk, 2016).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit yang diijinkan untuk dibuang ke lingkungan dapat dilihat pada Tabel II.1.

Tabel II.1. Baku Mutu Air Limbah Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Proses Penyamakan Menggunakan Krom		Proses Penyamakan Menggunakan Daun-daunan	
	Kadar Paling Tinggi(mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi(kg/ ton)	Kadar Paling Tinggi(mg /L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi(kg/ton)
BOD ₅	50	2,0	70	2,8
COD	110	4,4	180	7,2
TSS	60	2,4	50	2,0
Krom Total (Cr)	0,60	0,024	0,10	0,004
Minyak dan Lemak	5,0	0,20	5,0	0,20
Nitrogen Total (sebagai N)	10	0,40	15	0,60
Amonia Total	0,5	0,02	0,50	0,02
Sulfida (sebagai S)	0,8	0,032	0,50	0,02
pH	6,0 - 9,0		6,0 - 9,0	
Debit limbah paling tinggi	40 m ³ per ton bahan baku		40 m ³ per ton bahan baku	

(Kambuaya, 2014)

Secara operasional, IPAL di Industri Penyamakan Kulit Magetan belum efektif untuk meningkatkan air limbah yang dihasilkan. Ketidakefektifan ini disebabkan proses yang terjadi di pengolahan biologis yang tidak dapat berjalan dengan baik, sehingga mempengaruhi kinerja IPAL dan membuat efluen limbah cair yang dibuang ke badan air mengandung logam berat, bau yang menyengat, dan membuat warna air di badan air menjadi keruh sehingga mengganggu masyarakat sekitar. Sehingga dibutuhkan solusi untuk mengoptimasi pengolahan IPAL yang dapat digunakan sesuai kapasitas dan lahan yang tersedia tetapi memperhitungkan efluen standart sesuai parameter baku mutu (Fatmawati N.S, 2016)

Berbagai cara dapat dilakukan untuk mengurangi ion logam Krom dalam limbah cair, antara lain dengan cara pengendapan, pertukaran ion, adsorpsi, dan elektrolisis. Metode adsorpsi merupakan cara konvensional tetapi paling efektif untuk mengurangi ion logam Krom. Adsorpsi logam Krom dapat menggunakan flokulan anorganik antara lain alumina aktif, silika gel, ferro sulfat dan aluminium sulfat. Flokulan anorganik merupakan bahan yang tidak dapat diperbarui, sehingga untuk menghemat penggunaannya perlu digantikan sebagian atau seluruhnya dengan bahan lain yang ketersediaannya dapat diperbarui (Sugihartono, 2016).

II.2 Resin Penukar Ion

Resin penukar ion (ion exchange) merupakan media penukar ion sintesis yang pertama kali dikembangkan oleh Adam dan Holmes. Penemuan ini membuka jalan pembuatan resin hasil polimerisasi styrene dan divinil benzene. Bentuk resin penukar ion ini bermacam – macam yaitu dapat berupa butiran, bubuk, membran, atau serat.

Resin sebagai media penukar ion mempunyai beberapa sifat dan keunggulan tertentu. Sifat – sifat resin yang baik adalah sebagai berikut :

1. Mempunyai kapasitas ikatan silang yang kuat yang dapat menghilangkan sejumlah ion tertentu.
2. Resin dengan ukuran partikel kecil akan semakin baik, sebab dibutuhkan luas kontak yang besar.
3. Resin mempunyai stabilitas yang dapat digunakan dalam waktu yang lama, tidak mudah rusak dalam regenerasi (Apriani dan Wesen, 2011).

II.2.1 Jenis - Jenis Resin

Resin dibedakan menurut resin sintesis dan resin alam. Resin alam misalnya zeolit, pasir hijau, dan natrolites. Resin sintesis adalah resin yang dibuat oleh bahan matrik polimer.

Jenis kimia resin :

a. Resin Asam Kuat

Resin asam kuat berisi gugus asam sulfonik yang mempunyai efisiensi regenerasi 30% sampai 50%. Resin ini mampu memindahkan semua kation. Fungsi resin asam kuat penukar kation ialah mengubah garam netral menjadi asam yang sesuai.

b. Resin Asam Lemah

Resin asam lemah berisi gugus asam karboksiklik sebagai spesies fungsional. Resin asam lemah stabil terhadap panas dan resin asam lemah diregenerasi oleh semua asam yang lebih kuat daripada gugus fungsionalnya. Efisiensi regenerasi resin asam lemah hamper 100%. Kendala resin ini ialah hanya digunakan dalam air dengan nilai pH >7.

c. Resin Basa Kuat

Resin basa kuat berisi gugus amine kuarterner sebagai spesies fungsional. Fungsi resin basa kuat ialah untuk mengubah garam menjadi basa. Regenerasi resin basa kuat dapat dilakukan dengan NaOH dengan efisiensi 30% sampai 50%.

d. Resin Basa Lemah

Fungsi resin basa lemah penukar ion ialah untuk menukar asam kuat dengan adsorpsi air yang tidak dapat menguraikan garam. Efisiensi regenerasi resin ini hamper 100%. (Suharto, 2011)



Gambar II.1 Resin Penukar Ion

Resin penukar kation merupakan bahan polimer yang mempunyai gugus reaktif seperti sulfonat, fenolat, dan karboksilat. Resin ini dapat dimuati dengan kation yang akan ditukarkan. Sedangkan resin penukar anion merupakan bahan polimer yang dapat mengionisasi dari kelompok ammonium kuarterner dan amina. Resin ini dapat dimuati dengan anion yang akan ditukarkan (Sani dkk, 2019).

Tabel II.2 Beberapa Resin Penukar Ion

Tipe	Nama Trivial
Kation Kuat	Dowex 50
	Amberlite IR 120
Kation Lemah	Amberlite IRC 50

Anion Kuat	Dowex 1
	Amberlite IRA 400
Anion Lemah	Dowex 3
	Amberlite IR 45

(Wonorahardjo, 2013).

Resin penukar ion terutama dari jenis resin penukar kation, cocok untuk diaplikasikan pada penyerapan logam berat. Dimana kebanyakan logam berat memiliki kecenderungan sebagai suatu kation (Haitami dkk, 2018). Resin dowex memiliki afinitas yang kuat, bahkan pada pH yang sangat rendah. (Diniz dkk., 2002). Adapun selektivitas ion untuk resin dowex yaitu :

Resin dowex : $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Pb}$ (Muljani dkk, 2005).

II.3 Ampas Tahu

Ampas tahu merupakan residu yang tertinggal dari proses penyaringan kedelai pada proses pembuatan tahu. Ampas tahu yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu cukup melimpah. Ampas tahu dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan tempe gembus. Salah satu alternatif lain dalam pemanfaatan ampas tahu yaitu dijadikannya ampas tahu sebagai adsorben (Hartini, 2014). Limbah tahu yang berasal dari buangan industri tahu masih memiliki sifat yang sama dengan

tahu yang telah jadi meskipun telah hancur. Pemanfaatan limbah tahu ini sebagai penyerap karena tahu mengandung protein yang memiliki daya serapan dari asam-asam amino yang membentuk zwitter ion (bermuatan dua). Protein yang memiliki sisi-sisi aktif ini dapat mengikat ion-ion logam ataupun senyawa lainnya. Logam-logam berbahaya seperti kadmium, timbal, merkuri dan arsen bersifat toksik dapat diikat dengan protein sebagai metalotionein. Tahu maupun limbah tahu dapat menyerap logam berat karena memiliki kandungan protein tinggi. Protein adalah suatu senyawa jenis polimer alami atau biopolimer yang secara kimiawi merupakan polimer. Protein merupakan gabungan dari asam-asam amino yang tergabung oleh ikatan peptida yang terbentuk dari asam amino tersebut sehingga protein disebut juga polipeptida. Di alam polimer ini terutama terdapat sebagai penunjang sebagian besar tubuh manusia dan hewan. Jaringan otot, darah dan enzim, merupakan protein (Nohong, 2010).

BAB 3

TEKNOLOGI PENURUNAN KADAR ION LOGAM

Beberapa proses dan teknologi telah tersedia dalam pengolahan air limbah, seperti :

- Proses Reduksi dan Pengendapan

Pada proses pengolahan air limbah secara reduksi dan pengendapan, akan menghasilkan lumpur (folk) yang cukup besar, sehingga proses ini mempunyai permasalahan bagaimana penanganan lumpur tersebut.

- Proses Pertukaran Ion

Proses secara pertukaran ion, untuk pengambilan ion kromium dilakukan proses reduksi terlebih dahulu. Kromium valensi VI menjadi kromium valensi III, sehingga proses ini masih mempunyai masalah bagaimana penanganan resin yang mengandung ion kromium valensi III tersebut.

- Proses Elektrokimia

Proses elektrokimia masih mempunyai permasalahan yaitu bagaimana penanganan padatan yang mengandung kromium trioksida dan besi oksida yang merupakan endapan padat hasil elektrolisis.

- Proses Adsorpsi

Secara adsorpsi, ion-ion akan teradsorpsi ke dalam zat padat. Cara adsorpsi ini yang paling banyak digunakan dalam industri.

- Proses Reverse Osmosis (membran)

Pada proses pengolahan air limbah dengan menggunakan proses reverse osmosis, ion-ion akan menempel pada membran.

III.1 Pertukaran Ion

Metode pertukaran ion merupakan suatu metode yang digunakan untuk memisahkan ion-ion yang tidak dikehendaki berada di dalam larutan untuk dipindahkan ke dalam media padat yang disebut dengan media penukar ion. Dimana media penukar ion ini akan melepaskan ion lain ke dalam larutan (Apriani dan Wesen, 2011).

Proses pertukaran ion terdiri dari reaksi kimia antara ion (kation atau anion) dalam fase cair dengan ion dari fase padat. Padatan yang mempunyai ion untuk ditukarkan dengan ion fase cairan sering dikenal dengan nama resin penukar ion. Ion tertentu dari larutan lebih mudah diserap (terjadi reaksi kimia) oleh padatan kembali ke fase larutan (Sani dkk, 2019).

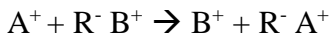
III.1.1 Mekanisme Pertukaran Ion

Jika suatu larutan yang mengandung anion dan kation dikontakkan dengan media penukar ion, maka akan terjadi pertukaran anion atau kation dengan mekanisme reaksi sebagai berikut :

1. Mekanisme Pertukaran Anion



2. Mekanisme Pertukaran Kation



Keterangan :

A : Ion yang akan dipisahkan (pada larutan)

B : Ion yang menggantikan ion A (pada padatan atau media penukar ion)

R : Bagian ionik atau gugus fungsional pada penukar ion
(Apriani dan Wesen, 2011)

III.1.2 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Proses Pertukaran Ion

Adapun faktor – faktor yang dapat mempengaruhi proses pertukaran ion antara lain :

1. Waktu kontak

Persentase ion logam yang terserap akan meningkat dengan meningkatnya waktu kontak.

2. Jumlah resin

Semakin banyak jumlah resin yang terdapat dalam kolom pertukaran, maka semakin banyak konsentrasi ion yang akan dipertukarkan.

3. pH

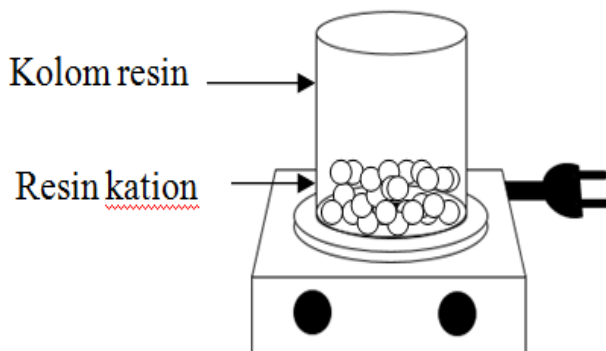
Resin dapat bekerja pada pH 0-14.

4. Konsentrasi ion terlarut

Semakin banyak konsentrasi ion yang akan dipertukarkan, semakin lambat kecepatan berlangsungnya suatu reaksi pertukaran ion dan semakin sedikit konsentrasi ion yang akan dipertukarkan.

5. Suhu

Pertukaran ion dipengaruhi oleh suhu, tetapi secara praktis peningkatan suhu tidak cukup untuk menyebabkan pertambahan laju proses. Operasi suhu tinggi baru bermanfaat bila larutan terlalu kental pada suhu ruang (Pujiastuti, 2008).



Gambar III.1 Rangkaian Alat Ion Exchange

III.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses dimana molekul suatu larutan berinteraksi dengan permukaan suatu zat padat.

Metode adsorpsi adalah salah satu metode yang prosesnya sederhana, dapat didaur ulang, dan biayanya relatif murah.

Dalam proses adsorpsi, terdapat 2 jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi karena gaya Van der Waals dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Sedangkan adsorpsi kimia terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam medi

III.2.1 Bisorpsi

merupakan proses adsorpsi yang menggunakan material biologi (biomaterial) sebagai penyerapnya, dimana ion-ion dalam larutan akan berikatan dengan gugus fungsi yang ada pada biomaterial tersebut. Gugus fungsi itu meliputi gugus karboksil, karbonil, hidroksil, alkohol, amina, ester, sulfidril dan lain-lain (Hevira, 2019). Metode

merupakan metode penghilangan kontaminasi ion logam berat yang paling efektif dan efisien, dikarenakan penggunaan bahan biomaterial (biosorben) yang murah, dan dapat digunakan berulang kali serta memiliki efisiensi yang tinggi dalam menjerap ion logam berat (Adriansyah, 2018). Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara berbeda, pertama melalui penukaran ion. Kedua, melalui formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsi seperti karbonil, amina, thiol, hidroksi, fosfat, dan hidroksi-karboksil yang berada pada dinding sel. Proses

bersifat bolak-balik dan cepat. Proses

berlangsung cepat dan terjadi dengan baik pada mikroorganisme hidup atau mati (Mawardi, 2014).

III.2.1.1 Faktor- Faktor

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut:

1. Luas permukaan

Semakin besar luas permukaan maka semakin banyak zat yang teradsorpsi.

2. Jenis adsorbat

Peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas yang tinggi (polar) memiliki kemampuan tarik menarik terhadap molekul lain dibandingkan molekul yang tidak dapat membentuk dipol (non polar); Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.

3. Struktur molekul adsorbat

Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan Nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

4. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben dapat meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat dan menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka, tapi pemanasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

6. pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi. Pada pH yang netral ($\text{pH}=7$) dapat diperoleh kerja yang maksimal dari gugus fungsi dalam biosorben. Jika Ph terlalu asam maka di tambah NaOH 0,1 M atau jika terlalu asam di tambah HCl 0,1 M.

7. Kecepatan pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

8. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

9. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:

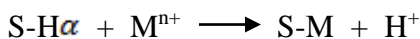
- ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
- tipe biomasa (jumlah dan jenis ruang pengikatan),
- konsentrasi ion logam,
- ukuran dan fisiologi biomasa (aktif atau tidak aktif).

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas dapat dilakukan dengan mengaktivasi secara fisika seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktivasi secara kimia.

III.3. Mekanisme Adsorpsi Logam

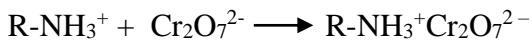
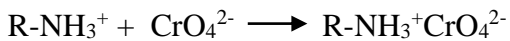
Mekanisme adsorpsi logam yang dilakukan oleh ampas tahu menggunakan mekanisme *ion exchange*, ikatan kovalen, kelat, dan adsorpsi pada dinding sel. Dimana pada ampas tahu menggunakan gugus aktif pada asam amino yang terkandung di dalamnya, yaitu gugus karboksil dan amino. Gugus fungsional ini yang berperan dalam mekanisme penyerapan ion.

Adsorpsi melalui pertukaran ion dimana :

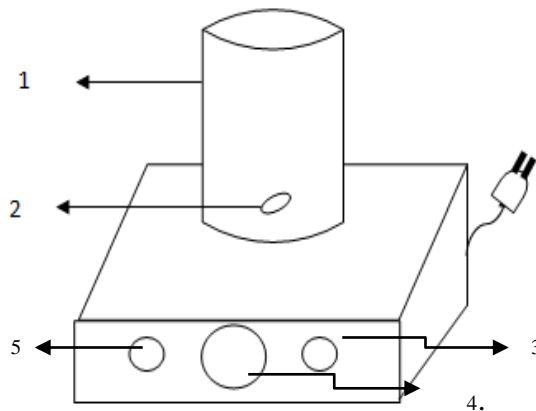


S-H mewakili situs adsorpsi permukaan adsorben, Mn^+ adalah kation bermuatan positif n yang mempunyai selektivitas

lebih besar dari kation H^+ sehingga M^{n+} dapat mengusir H^+ sesuai reaksi M^{n+} adalah kation bermuatan positif n yang mempunyai selektivitas lebih besar dari kation H^+ sehingga M^{n+} dapat mengusir H^+ . Selain itu gugus-gugus amina (NH_2) mengalami deprotonasi akibat hadirnya ion Hidrogen (H^+), sehingga gugus amina berubah menjadi bermuatan positif (NH_3^+) yang sangat reaktif dan membentuk kompleks dengan ion-ion logam. Adapun reaksi yang terjadi adalah



(Diah, 2018)



Gambar III.2 Rangkaian Alat Biosorpsi

1. Beaker glass
2. Magnetic stirrer
3. Pengatur kecepatan
4. Indikator suhu dan kecepatan
5. Pengatur suhu

BAB IV

CONTOH PENELITIAN

IV.1. Penurunan ion logam Krom dengan resin penukar ion dalam limbah cair penyamakan kulit.

Pertukaran ion dapat dipakai di dalam proses pengolahan limbah cair. Kelebihan dari metode ini adalah kemampuannya dalam menangkap logam berat dengan efisiensi yang tinggi (Pujiastuti, 2008). Proses pertukaran ion terdiri dari reaksi kimia antara ion (kation atau anion) dalam fase cair dengan ion dari fase padat. Padatan yang mempunyai ion untuk ditukarkan dengan ion fase cairan sering dikenal dengan nama resin penukar ion. Ion tertentu dari larutan lebih mudah diserap (terjadi reaksi kimia) oleh padatan penukar ion dan sejumlah ekuivalen ion akan dilepaskan oleh padatan kembali ke fase larutan (Sani dkk, 2019).

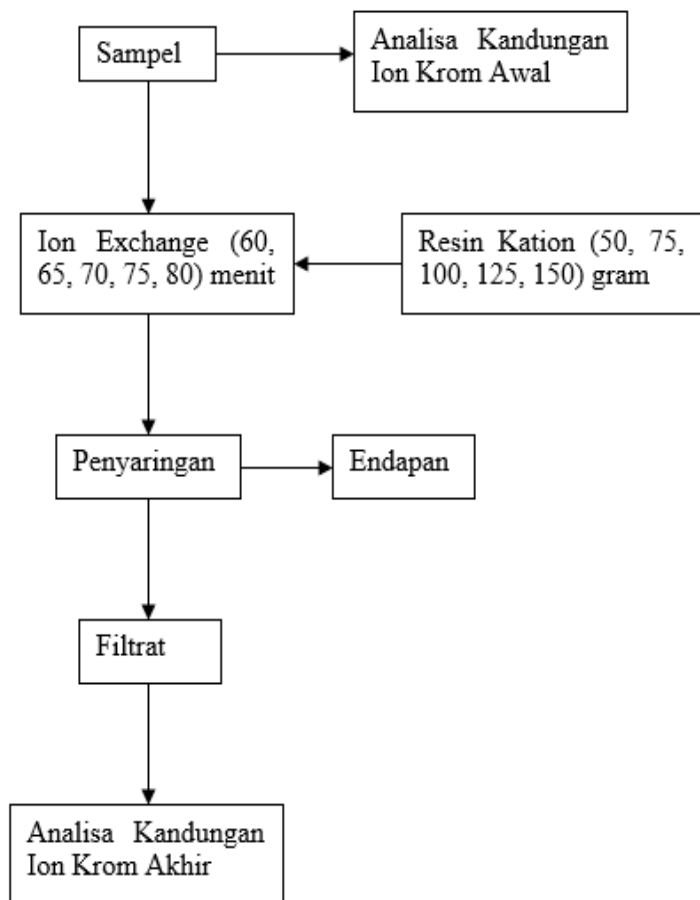
Pada penelitian terdahulu oleh Pujiastuti (2008) mengenai penurunan Ca dan Mg menggunakan resin diperoleh kesimpulan bahwa resin mampu menurunkan kadar Ca^{2+} sebesar 53,11% dan kadar Mg^{2+} sebesar 43,69%. Sani dkk (2019) melakukan penelitian mengenai penurunan BOD dan COD dengan metode ion exchange diperoleh resin memiliki reaksi pertukaran ion sehingga dapat menurunkan nilai BOD sebesar 3002,66 mg/liter dan nilai COD sebesar 9196,41

mg/liter. Said (2010) melakukan penelitian mengenai penghilangan logam berat (Fe, Ni, Zn) dengan metode ion exchange diperoleh penurunan kadar Fe sebesar 95,43%, kadar Ni sebesar 94,45% dan kadar Zn sebesar 66,72%.

Dengan menggunakan metode yang sama dan jenis resin yang berbeda yaitu resin dowex pada penelitian ini akan dicoba pada limbah cair industri penyamakan kulit yang diharapkan dapat menurunkan kadar logam Krom didalam limbah cair. Manfaat yang didapatkan adalah dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri penyamakan kulit dan dapat mengetahui kelebihan metode pertukaran ion dibanding dengan metode pengolahan limbah cair lainnya.

Sampel yang berupa limbah cair dianalisa kadar nya. Isi ion exchange dengan resin (50,75,100,125,150) gram. Ambil 300ml sampel masukkan kedalam ion exchange dengan waktu (60,65,70,75,80) menit. Saring campuran limbah cair dan resin sehingga diperoleh endapan dan filtrate. Filtrat yang diperoleh di analisa kadar nya pada setiap variabel yang dijalankan.

Diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Seluruh hasil analisa dalam proses penurunan kadar Krom dalam limbah cair penyamakan kulit dilakukan di Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga Surabaya dengan menggunakan metode AAS (*atomic adsorbstion spektrofotometri*). Berdasarkan hasil analisa bahan awal diperoleh data sebagai berikut:

Tabel IV.1 Hasil Analisa Kadar Krom dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit

Parameter Uji	Hasil Uji
Kromium	3,670 mg/L

Hasil uji didapat dari analisa di Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga Surabaya.

Hasil Analisa Kadar Akhir

Hasil uji didapat dari analisa di Laboratorium Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga Surabaya.

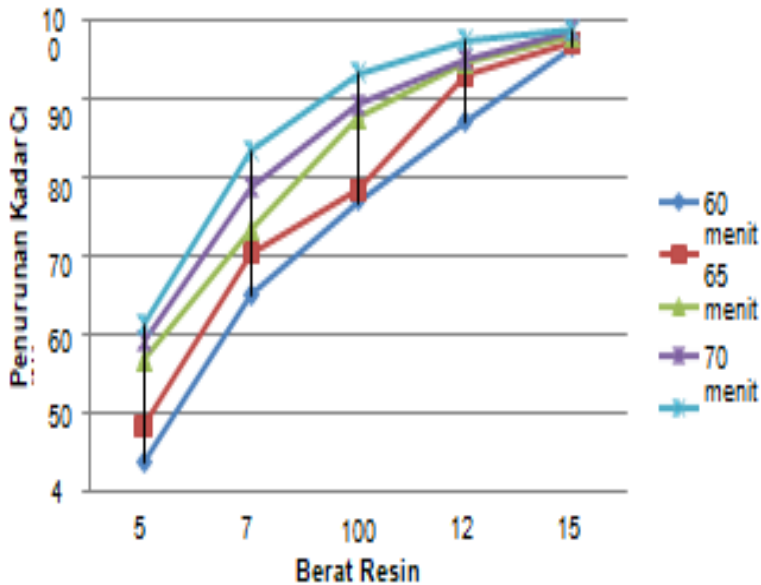
Pada proses penurunan kadar Krom menggunakan pertukaran ion dengan berbagai variabel yang dijalankan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel IV.2 Hasil Analisa Kandungan Ion Krom dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit Setelah dilakukan Ion Exchange.

Berat Resin (gram)	Waktu Kontak (menit)	Kandungan Ion Cr (mg/L)
50	60	2.069
	65	1.897
	70	1.588
	75	1.506
	80	1.425
75	60	1.283
	65	1.093
	70	0.98
	75	0.784
	80	0.611
100	60	0.851
	65	0.792
	70	0.456
	75	0.395
	80	0.255
125	60	0.474
	65	0.258
	70	0.199
	75	0.187
	80	0.098
150	60	0.129
	65	0.105
	70	0.075
	75	0.053
	80	0.046

Tabel IV.3 Hasil Perhitungan Penurunan Kadar Cr dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit.

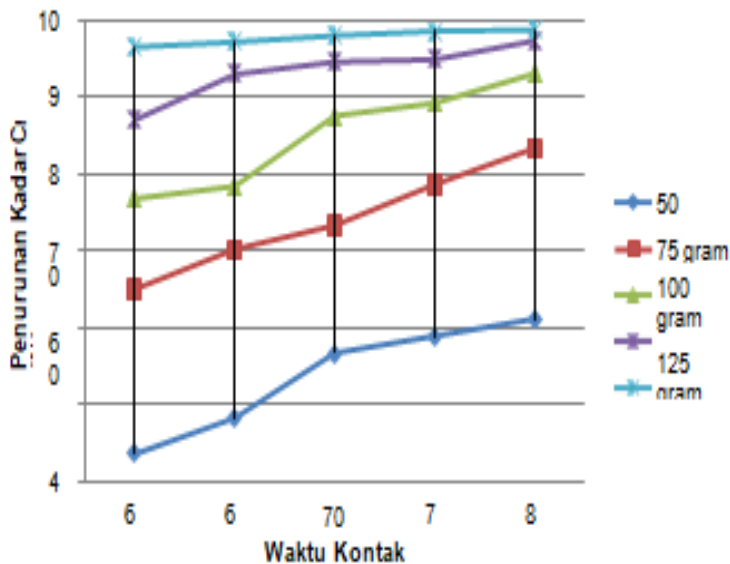
Berat Resin (gram)	Waktu Kontak (menit)	Penurunan Kadar Cr (%)
50	60	43.62
	65	48.31
	70	56.73
	75	58.96
	80	51.17
75	60	65.04
	65	70.22
	70	73.3
	75	78.63
	80	83.35
100	60	76.81
	65	78.42
	70	87.58
	75	89.24
	80	93.05
125	60	87.05
	65	92.97
	70	94.58
	75	94.9
	80	97.33
150	60	96.49
	65	97.14
	70	97.96
	75	98.56
	80	98.75



Grafik IV.1 Hubungan antara berat resin dengan penurunan kadar Krom

Grafik IV.1 terlihat bahwa semakin banyak resin yang digunakan maka % penurunan kadar Krom yang diperoleh juga semakin tinggi. Berdasarkan data hasil penelitian didapatkan bahwa penurunan kadar Krom tertinggi yaitu sebesar 98,75% pada berat resin 150 gram. Hal ini disebabkan karena semakin banyak resin yang digunakan, maka semakin banyak pula ion Krom yang terserap. Sampel yang berupa limbah cair penyamakan kulit mengandung ion Krom yang

bermuatan positif jika dikontakkan dengan resin dowex yang termasuk resin kation (terdapat gugus H^+) maka ion Krom akan bertukar dengan ion H^+ yang terdapat pada resin dowex. Sehingga setelah terjadi kontak antara resin dengan sampel limbah cair maka ion Krom terikat dalam resin dan kadar ion Krom yang terdapat pada limbah cair penyamakan kulit mengalami penurunan.



Grafik IV.2 Hubungan antara waktu kontak dengan penurunan kadar Krom

Grafik IV.2 terlihat bahwa pengaruh waktu kontak terhadap penurunan kadar Krom terlihat berbanding lurus. Suatu resin kation dapat mempertukarkan kation yang terkandung didalamnya kedalam suatu larutan yang bermuatan sama, dalam hasil penelitian didapat hasil yang sesuai. Hasil terbaik didapat pada berat waktu kontak selama 80 menit, dalam titik ini terjadi penurunan kadar Krom sebesar 98,75 %. Data yang lain dapat dilihat bahwa hasil berbanding lurus, dan dapat dikatakan ion Krom yang tertukar dalam resin mengalami reaksi irreversible atau ion Krom yang terserap oleh resin tidak kembali kedalam larutan sampel kembali. Sehingga dapat dikatakan bahwa resin belum mengalami kejenuhan selama waktu 80 menit tersebut.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kadar Kromium dalam limbah cair penyamakan kulit dapat diturunkan dengan menggunakan resin dowex (resin kation). Dari hasil penelitian didapatkan penurunan kadar Krom terbesar pada berat resin 150 gram dengan waktu kontak selama 80 menit yaitu sebesar 98.75%. Dari hasil analisa akhir kadar Krom didapatkan kadar akhir sebesar 0.456 mg/L – 0.046 mg/L yang menunjukkan bahwa kadar tersebut telah memenuhi standart baku mutu air limbah industri penyamakan kulit yang diijinkan untuk dibuang ke lingkungan yaitu sebesar 0.6 mg/L. Metode pertukaran ion

menggunakan resin cukup efektif untuk pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan karena mudah dalam pengaplikasian dan juga resin yang dapat diregenerasi kembali untuk penggunaan jangka waktu lama (Saputri dkk, 2020).

IV.2. Biosorpsi logam Krom total pada limbah cair penyamakan kulit menggunakan ampas tahu.

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang memiliki limbah dalam jumlah yang cukup besar, yaitu dalam bentuk padat, cair dan gas. Limbah tersebut berasal dari kulit yang diproses, bahan untuk proses, dan air. Limbah dari kulit berupa bulu, sisa-sisa daging dan potongan-potongan kulit, sedangkan limbah dari bahan proses berupa garam, kapur dan bahan kimia lainnya (Sugihartono, 2018). Air buangan limbah industri penyamakan kulit umumnya mengandung logam krom yang berasal dari proses penyamakan dengan menggunakan senyawa krom sulfat antara 60-70%. Namun demikian, pada proses penyamakan tersebut, tidak semua larutan krom sulfat terserap oleh kulit, sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk limbah cair. Keberadaan krom dalam limbah cair penyamakan kulit dengan kadar yang tinggi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berdampak buruk bagi kesehatan.. Disamping itu, limbah krom trivalent akan menimbulkan masalah jika

teroksidasi menjadi ion krom ber valensi enam (heksavalen) yang bersifat toksik (Ma'mun, 2016).

Terdapat beberapa metode untuk menghilangkan ion logam berat dari larutan yang terdiri dari metoda fisika, kimia, dan biologi. Metode konvensional untuk menghilangkan ion logam beracun dari larutan telah direkomendasikan, seperti presipitasi kimia, filtrasi, pertukaran ion, perlakuan elektrokimia, teknologi membran, pelapisan, adsorpsi pada karbon aktif, penguapan dan fotokatalisis (Gautam, 2014). Teknik fisika dan kimia membutuhkan biaya yang tinggi, proses yang lama dan pelarut yang banyak sehingga menjadi masalah baru dalam sistem pembuangannya (Hevira, 2019).

Salah satu metode biologi dalam mengatasi logam berat krom adalah biosorpsi. Menurut Michalak dkk, Biosorpsi ialah proses penyerapan yang menggunakan material biologi (biomaterial) sebagai penyerapnya, dimana ion-ion dalam larutan akan berikatan dengan gugus fungsi yang ada pada biomaterial tersebut (Michalak 2013). Gugus fungsi itu meliputi gugus-gugus karboksil, karbonil, hidroksil, alkohol, amina, ester, sulfidril dan lain-lain (Kampalanonwat, 2014). Biosorben yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari ampas tahu. Limbah padat dari pembuatan tahu ini dapat digunakan sebagai biosorben karena memiliki kandungan asam

amino yang dapat mengikat logam berat. Penelitian terdahulu yang dilakukan Nohong (2010) menyatakan bahwa biosorben ampas tahu memiliki kapasitas penyerapan terbaik pada logam Krom total dan Fe pada air lindi sebesar 100% dan 95,53%. Hartati (2016) juga melakukan penelitian serupa yaitu penyerapan logam Pb pada air lindi dengan kapasitas penyerapan terbaik sebesar 98,03%.

Pada penelitian Mawardi (2014) yaitu pemisahan ion Cr III dan Cr VI dengan biomassa ganggang hijau didapatkan kecepatan optimum 200 rpm. Derajat keasaman (pH) yang digunakan pada penelitian Wijaya (2015) yaitu adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan menggunakan karbon aktif dari biji trembesi didapatkan pH optimum sebesar 7. Volume air limbah sebesar 100 ml yang digunakan pada penelitian Nohong (2010) yaitu pemanfaatan ampas tahu sebagai penyerap logam krom, kadmium dan besi pada air lindi. Suhu yang digunakan pada penelitian Mariana (2013) yaitu pengaruh temperatur dalam penghilangan Cr (VI) dengan menggunakan daun jambu biji sebagai biosorben didapatkan temperatur optimum sebesar 50°C. Ukuran partikel yang digunakan pada penelitian Hartati (2016) yaitu adsorpsi ion logam Pb dalam air lindi menggunakan ampas tahu dengan ukuran 60 mesh. Variabel lama waktu kontak dan berat biosorben yang digunakan pada

penelitian Nohong (2010) yaitu pemanfaatan ampas tahu sebagai penyerap logam krom, kadmium dan besi pada air lindi, namun terdapat sedikit perubahan pada interval variabel.

Dari latar belakang penelitian terdahulu memungkinkan untuk ampas tahu dimanfaatkan sebagai biosorben karena memiliki kandungan asam amino yang diharapkan dapat mengurangi dampak pencemaran limbah penyamakan kulit dalam perairan khususnya logam Cr total. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

Penyiapan Biosorben Ampas Tahu

Sebanyak 1 kg limbah ampas tahu dikeringkan dengan bantuan sinar matahari. Limbah tahu kering selanjutnya dimasukkan dalam oven dan dipanaskan pada temperatur 60°C. Setelah kering di blender kemudian diayak sehingga didapatkan ukuran sebesar 60 mesh.

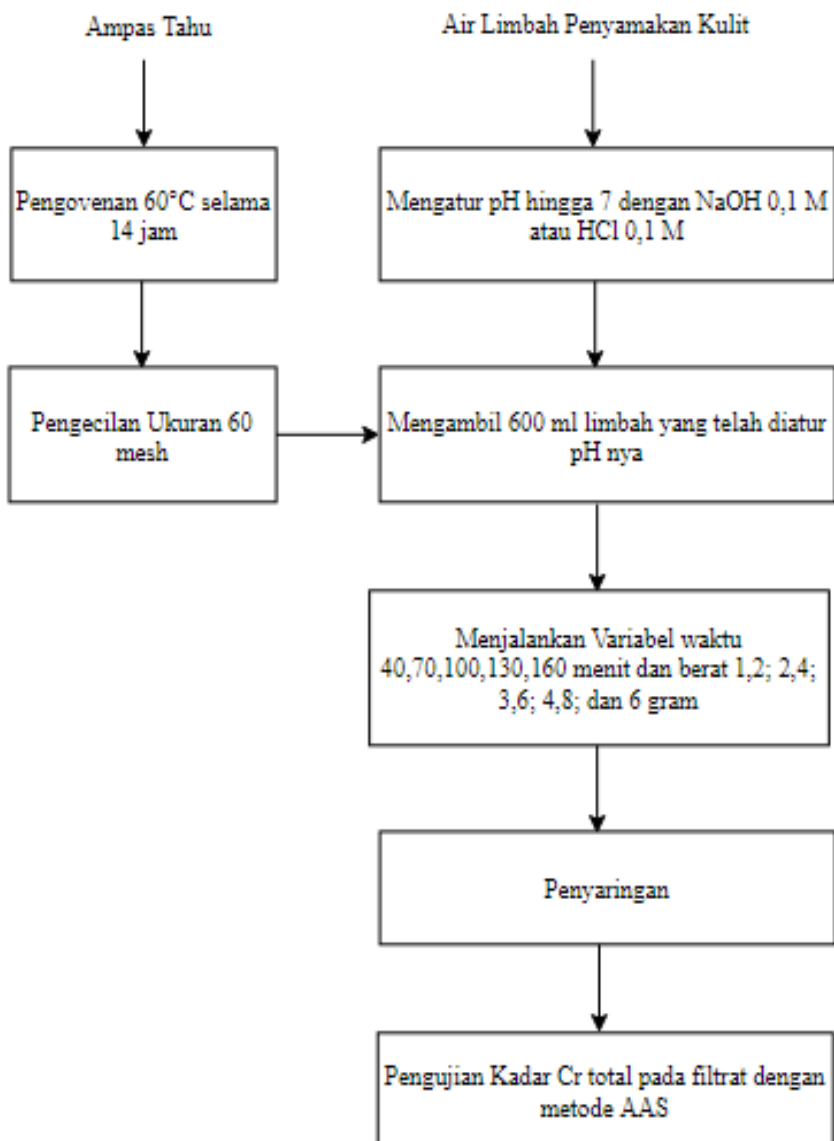
Penentuan Waktu dan Berat Optimum Biosorpsi Logam Krom Total

Sampel limbah penyamakan kulit sebanyak 600 ml dimasukkan kedalam beaker glass kemudian dilakukan pengaturan pH menggunakan HCl 0,1 M hingga mencapai pH 7. Selanjutnya air limbah diberi ampas tahu sebanyak 1,2 ; 2,4 ;

3,6 ; 4,8 ; dan 6 gram dengan variasi waktu kontak 40; 70; 100; 130 dan 160 menit. Kondisi operasi berlangsung pada suhu 50 °C dan kecepatan pengadukan 200 rpm. Air limbah yang sudah diproses disaring dengan kertas saring untuk memisahkan filtrat dari penyerap. Filtrat selanjutnya dianalisa kandungan logam krom total nya dengan menggunakan alat Atomic Absorption Spectrophotometer.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat seberapa besar kemampuan limbah padat industri tahu dalam menyerap logam Cr total pada limbah penyamakan kulit. Hal ini dapat dibuktikan dengan cara membandingkan kadar logam mula – mula dengan kadar logam setelah diinteraksikan dengan ampas tahu. Pada hasil penelitian diperoleh data nilai kadar logam Cr total dengan cara melakukan analisa kandungan Cr total menggunakan alat AAS Laboratorium Gizi Universitas Airlangga.

Diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Hasil Analisa.

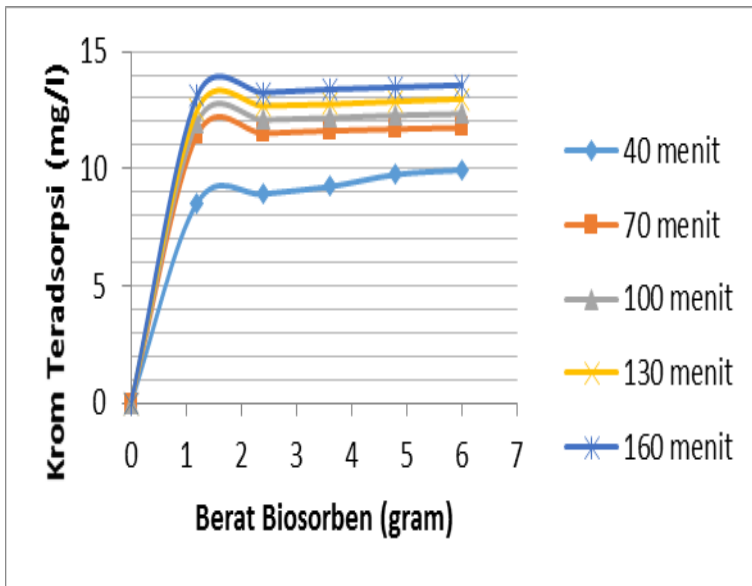
Tabel IV.4 Data Hasil Pengukuran Reduksi Kadar Logam Cr total setelah Diinteraksikan dengan Biosorben Ampas Tahu.

Berat Biosorben (g)	Kadar Logam Cr total yang tereduksi (mg/l) pada berbagai waktu kontak (menit)					
	0	40	70	100	130	160
0	0	0	0	0	0	0
1.2	0	8.55	11.44	11.98	12.51	13.11
2.4	0	8.92	11.51	12.09	12.68	13.25
3.6	0	9.23	11.62	12.17	12.75	13.39
4.8	0	9.75	11.69	12.28	12.87	13.48
6	0	9.94	11.75	12.34	12.98	13.57

Tabel IV.5 Hasil Perhitungan Effisiensi Logam Cr total setelah Diinteraksikan dengan Biosorben Ampas Tahu

Berat Biosorben (g)	Effisiensi penyerapan logam krom total (%) pada berbagai waktu kontak (menit)					
	0	40	70	100	130	160
0	0	0%	0%	0%	0%	0%
1.2	0	62%	82%	86%	90%	94%
2.4	0	64%	83%	87%	91%	95%
3.6	0	66%	84%	88%	92%	96%
4.8	0	70%	84%	88%	93%	97%
6	0	72%	85%	89%	93%	98%

Dari tabel IV.4 menunjukkan bahwa logam krom total dapat tereduksi dengan penambahan biosorben ampas tahu. Kadar limbah penyamakan kulit sebelum diinteraksikan dengan ampas tahu sebesar 13,9 mg/L. Setelah diolah kadar krom total yang tereduksi pada saat penambahan 6 gram ampas tahu dengan waktu kontak 160 menit memiliki hasil reduksi yang terbesar yaitu 13,57 mg/L. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung nilai efisiensi dari reduksi krom total seperti pada Tabel IV.5. Dimana pada penambahan 6 gram ampas tahu dengan waktu kontak 160 menit memiliki efisiensi terbesar yaitu 98%.



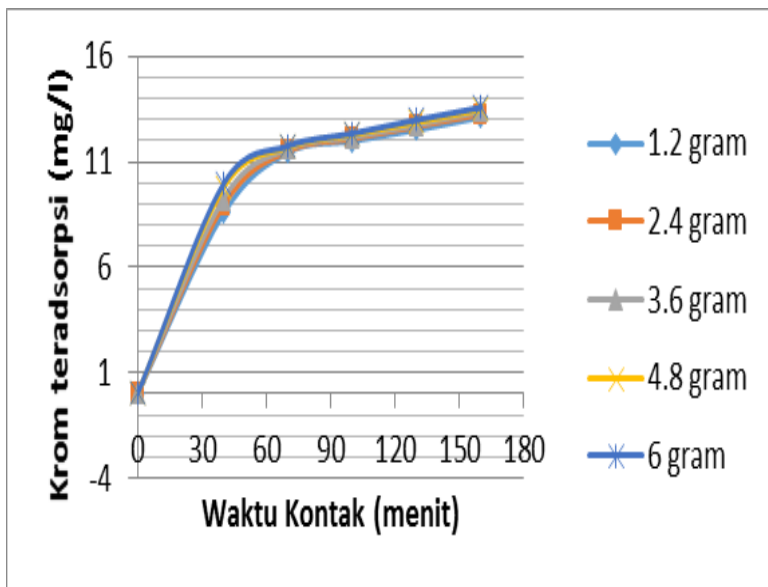
Grafik IV.3 Hubungan antara berat biosorben dengan kadar krom teradsorpsi

Berdasarkan grafik IV.3 menunjukkan bahwa hubungan antara berat biosorben dengan kadar krom teradsorpsi berbanding lurus. Dimana semakin banyak biosorben yang ditambahkan maka semakin banyak krom total yang tereduksi. Kadar krom total terbesar yang tereduksi adalah pada penambahan 6 gram biosorben ampas tahu. Hal ini disebabkan karena semakin banyak biosorben yang ditambahkan, maka semakin banyak gugus aktif yang berperan dalam penyerapan krom total.

Pada grafik terlihat bahwa krom total yang tereduksi pada penambahan biosorben 1,2 gram untuk interval waktu 40 menit, 70 menit, 100 menit, 130 menit, dan 160 menit memiliki peningkatan daya reduksi yang tinggi. Hal ini disebabkan karena masih banyak kadar krom total pada limbah tersebut dan juga efektivitas gugus aktif ampas tahu yang masih tinggi. Sedangkan untuk penambahan 2,4 gram, 3,6 gram, 4,8 gram, dan 6 gram biosorben peningkatan reduksinya tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena sisi aktif biosorben mulai mengalami kejenuhan dan juga kadar krom total dalam limbah sudah banyak yang terserap biosorben.

Ampas tahu dapat digunakan sebagai biosorben karena tahu mengandung protein yang memiliki daya serapan dari asam-asam amino yang membentuk zwitter ion. Mekanisme

penyerapan logam yang dilakukan oleh ampas tahu menggunakan mekanisme *ion exchange*. Dimana gugus aktif pada ampas tahu yaitu gugus karboksil dan amino. Gugus fungsional ini yang berperan dalam mekanisme penyerapan ion.



Grafik IV.4 Hubungan antara waktu kontak dengan kadar krom yang teradsorpsi

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan bahwa hubungan antara waktu kontak dengan kadar krom teradsorpsi berbanding lurus. Dimana semakin lama waktu kontak yang terjadi maka semakin banyak kadar logam krom total yang terserap. Kadar krom total terbesar yang teradsorpsi adalah pada waktu kontak 160 menit. Hal ini disebabkan karena pada waktu 160 menit

gugus aktif pada biosorben banyak berikatan dengan logam krom total.

Pada grafik terlihat bahwa krom total yang teradsorpsi pada waktu kontak 40 menit dan 70 menit mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena masih banyak kadar krom total pada limbah tersebut dan juga efektivitas gugus aktif ampas tahu masih tinggi. Berbeda dengan waktu kontak 100 menit sampai 160 menit, proses biosorpsi terlihat telah mengalami kenaikan yang relatif konstan. Hal ini menunjukkan bahwa sisi aktif biosorben telah mengalami kejenuhan oleh molekul dan juga kadar krom total dalam limbah sudah banyak yang terserap biosorben.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ampas tahu dapat digunakan sebagai biosorben untuk mereduksi kadar logam berat. Efisiensi penyerapan logam Krom total oleh ampas tahu sebesar 98%. Kondisi optimum penyerapan logam krom total pada penambahan 6 gram ampas tahu dan waktu kontak 160 menit. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan biosorpsi logam krom total mengikuti isoterm Langmuir Dimana pada grafik isoterm Langmuir memiliki harga koefisien determinasi $R^2 \geq 0,9$ dan dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi berlangsung secara kimisorpsi (Pangestu dkk, 2020).

BAB V

KESIMPULAN

Kadar ion logam Krom pada limbah cair penyamakan kulit dapat diturunkan dengan proses pertukaran ion menggunakan resin dan biosorpsi massa ampas tahu yang dipengaruhi oleh waktu kontak dan berat adsorben masing-masing yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Penurunan kadar Krom terbesar pada berat resin 150 gram dengan waktu kontak selama 80 menit didapatkan efisiensi penyerapan logam Krom yaitu sebesar 98,75% dan kadar sebesar 0.456 mg/L – 0.046 mg/L. Metode pertukaran ion menggunakan resin cukup efektif untuk pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan karena mudah diaplikasikan dan resin dapat diregenerasi kembali untuk penggunaan jangka waktu lama.

Sedangkan menggunakan biomassa ampas tahu didapatkan efisiensi penyerapan logam Krom total sebesar 98%. Kondisi optimum penyerapan logam krom total pada penambahan 6 gram ampas tahu dan waktu kontak 160 menit dengan kadar sebesar 0,33 mg/L. Semua hasil sudah memenuhi baku mutu dimana kadar Krom total maksimal di lingkungan sebesar 0,5 mg/L (PERGUB JATIM, 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit).

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R., Wesen, P. 2011. Penurunan salinitas air payau dengan menggunakan resin penukar ion. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6, 1-13.
- Asmadi., Endro, S., Oktawati, W. 2009. Pengurangan chrom (Cr) dalam limbah cair industri kulit pada proses tannery menggunakan senyawa alkali CaOH_2 NaOH NaHCO_3 (studi kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *JAI* 5(1), 41-54.
- Adriansyah, R., Elyn, N. R., Nessi, M. 2018. Biosorpsi Ion Logam Berat Cu(II) Dan Cr(VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2, 114.
- Agustina, T., E., Muhammad F., Tine A. 2018. Pengolahan Limbah Logam Berat Kromium Hexavalen Menggunakan Reagen Fenton dan Adsorben Keramik Zeolit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 13(1), 61.
- Bugis, H., Daud, A., Birawida, A. 2017. Studi kandungan logam berat kromium VI (Cr VI) pada air dan sedimen di sungai pangkajene Kabupaten Pangkep. *Jurnal Penelitian*, 2-11.

- Chaidir. Z, Qomariah. H, Rahmiana. Z. 2015. Penyerapan Ion Logam Cr(III) Dan Cr(VI) Dalam Larutan Menggunakan Kulit Buah Jengkol (*Pithecellobium Jiringa* (Jack) Prain.), *J. Ris. Kim.*, 2, 189.
- Dai. J, Fenglian. R & Chunyuan. T. 2012. Adsorption Of Cr(VI) And Speciation Of Cr(VI) And Cr(III) In Aqueous Solutions Using Chemically Modified Chitosan, *Int. J. Environ. Res. Publik Health*, 9, Hal 1758.
- Diah, L., T., R. 2018. Reduksi Logam Berat Cd(II) dan Cr(IV) Pada Sistem Kontinyu Menggunakan *Phanerochaete chrysosporium* Yang Diradiasi Sinar Gamm. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 19(1), 22.
- Diniz. C.V, Doyle F.M, Ciminelli. V. 2002. Effect of pH On The Adsorption of Selected Heavy Metal Ions From Concentrated Chloride Solutions By The Chelating Resin Dowex M-4195', *Separation Science and Technology*, 37(14), 3169-3185.
- Gautam, R., K., Ackmez, M., Glusy, L., Mahesh, C., C. 2014. Biomass-Derived Biosorbents For Metal Ions Sequestration: Adsorbent 3 Modification And Activation Methods And Adsorbent Regeneration. *Journal Of Enviromental Chemical Engineering*, 244, 1-21.

- Gubernur Jawa Timur. 2014. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Haitami. I, Mulyono P, Hidayat. M. 2018. The Kinetics of Chromium (III) and Sodium Simultants Adsorption Using Amberlite IR-120h (Temperature Effect Review). *Konversi*, vol. 07, no. 2.
- Hartati, S., Dedik, B., & Hermansyah, 2016, Adsorption Of Lead Content In Leachate Of Sukawinatan Landfill Using Solid Waste Of Tofu. *Jurnal Environment*, 1(2), 42-43.
- Hartini, L., Eny, Y., Rif'atul, M. 2014. Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl Dari Ampas Tahu. *Alchemy*, 3(2), 146.
- Hasfita. F. 2012. Study Pembuatan Biosorben Dari Limbah Daun Akasia Mangium (*Acacia Mangium* Wild) Untuk Aplikasi Penyisihan Logam, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1:1, Hal 37.
- Hevira, L., Rahmiana, Z., Edison, M. 2019. Efisiensi Penyerapan Ion Logam Terhadap Ph Dan Waktu Kontak Menggunakan Cangkang Ketapang. *Jurnal Katalisator*, 4(1), 43.
- Kambuaya, B. 2014, 'Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Industri Tekstil', Lampiran XLIII Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014.

Kampalananwat, P., & Pit S. (2014). The Study Of Competitive Adsorption Of Heavy Metal Ions From Aqueous Solution By Aminated Polyacrylonitrile Nanofiber Mats, *Energi Procedia*, 56, 143.

Khairani, N, Azam. M, Firdausi. K. S. 2007. Penentuan Kandungan Unsur Krom Dalam Limbah Tekstil Dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Berkala Fisika*, vol. 10, no. 1, 35-36.

Ma'mun, S., Marhaenia, T. Sarah, A. 2016. Penggunaan Membran Kitosan Untuk Menurunkan Kadar Logam Krom Pada Limbah Industri Penyamakan Kulit, *Teknoin*, 22(5), 367.

Mawardi, Edison, M., Soleh K., & Widayanti W. 2014. Pemisahan Ion Krom(III) Dan Krom(VI) Dalam Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Alga Hijau *Spirogyra Subsalsa* Sebagai Biosorben. *Reaktor*, 15(1), 28.

Mayasari. H. E, Muhammad S. 2016. Kajian Adsorpsi Krom Dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit Chrome Adsorption In Tannery Wastewater - A Review, *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2), 50-51.

- Michalak, I., Katarzyna C. 2013. State Of The Art For The Biosorption Process-A Review. *Appl Biotechnol*, 170, 1389-1416.
- Muljani, S, Agus C, Kurniawan, Dewi A, Wara. 2005. Kajian Distribusi dan Selektivitas Ion Na Pada Proses Regenerasi Logam Berat. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono.
- Nohong. 2010. Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmiun Dan Besi Dalam Air Lindi Tpa. *Jurnal Pembelajaran Sains*, 6(2), 258.
- Pangestu M.A, Pracesa Y.A.Y, Perwitasari D.S. 2020. Biosorption of total chrome metals on leather tannery liquid waste using tofu dregs, International conference Eco-Innovation In Science Engineering and Technology.
- Pujiastuti, C. 2008. Kajian penurunan Ca dan Mg dalam air laut menggunakan resin (Dowex). *Jurnal Teknik Kimia*, 3(1), 200-204.
- Sahlan, L., Radinta, S., Kholisoh, S,D., Mahargiani, T. 2016. Penurunan kadar krom (Cr) dalam limbah cair industri penyamakan kulit dengan metode elektrokoagulasi secara batch. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Yogyakarta, 1-7.

- Sani., Istiqomah, U, A., Prabowo N, S., Astuti, D, H.2019. Penurunan BOD dan COD pada limbah cair industri rumput laut dengan metode ion exchanger. Jurnal Teknik Kimia, 13(2), 67-71.
- Saputri R. M. D, Aurellia P. M, Perwitasari D. S. 2020. Reduction Of Chrom Ion (Cr) With Ion Exchange Resin In Liquid Waste Of Leather Tanning. International conference Eco-Innovation In Science Engineering and Technology.
- Sugihartono. 2016. Pemisahan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan gelatin dan flokulan anorganik. Majalah Kulit, Karet dan Plastik, 32(1), 21-30.
- Suharto. 2011, Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara dan Air, Andi, Yogyakarta.
- Sugihartono, Sutyasmi. S, Rahmawati. D, Suyatini. 2016. Penggunaan Gelatin Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit, Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik Ke-5.
- Fatmawati. N. S. 2016. Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Magetan, Jurnal Teknik ITS, vol. 5, no. 2.

- Syaifudin. 2018. Evaluasi Sistem Pengelolaan Limbah Padat B3 Pt. Indofarma, Tbk Bekasi, Jurnal Teknik 29(3), 216.
- Wonorahardjo, S 2013, Metode-Metode Pemisahan Kimia, Indeks, Malang.
- Utami. K, T. Syafrudin. 2018. Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Studi Kasuspt. Holcim Indonesia, Tbk Narogong Plant, Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan 15(2), 128.
- Wulaningtyas, F. 2018. Karakteristik Pekerja Kaitannya Dengan Kandungan Kromium Dalam Urine Pekerja Di Industri Kerupuk Rambak X Magetan, Jurnal Kesehatan Lingkungan, vol.10 , no. 1, 127-137.

LAMPIRAN

1. Perhitungan Presentase Penurunan Kandungan Ion Krom.

$$\begin{aligned} \% \text{ penurunan Kandungan Ion Krom (Cr)} &= \\ &= \frac{(\text{Kandungan Ion Cr Awal} - \text{Kandungan Ion Cr Akhir})}{\text{Kandungan Ion Cr Awal}} \times 100 \\ &= \frac{(3,670 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 0,046 \frac{\text{mg}}{\text{L}})}{3,670 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \times 100\% \\ &= 98.75 \% \end{aligned}$$

GLOSARIUM

Adsorben adalah merupakan suatu penyerapan yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbat adalah merupakan suatu media yang diserap.

Adsorpsi adalah proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan.

Biomassa didefinisikan sebagai bahan organik, tersedia secara terbarukan, yang diproduksi langsung atau tidak langsung dari organisme hidup tanpa kontaminasi dari zat lain atau limbah. Biomassa termasuk limbah hutan dan pabrik, tanaman pertanian dan limbah kayu kotor hewan, limbah operasi ternak, tanaman air, pertumbuhan pohon dan tanaman, sampah kota dan industri.

Biosorpsi merupakan teknologi pengolahan limbah terbaru yang dapat menyisihkan/menghilangkan logam berat yang bersifat racun, oleh karena itu dapat dipertimbangkan sebagai suatu teknologi alternatif yang ramah lingkungan untuk mengolah limbah cair industri yang secara ekonomi layak digunakan.

Good housekeeping adalah manajemen tata letak yang dilakukan ditempat kerja yang mencakup peralatan, dokumen, bangunan dan ruangan untuk membuat tempat kerja menjadi bersih, rapih, aman dan nyaman sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi bahaya yang ada di tempat kerja.

Inplant Treatment adalah pengelolaan limbah internal suatu industri dengan menggunakan metode tertentu dan biasanya sudah memenuhi regulasi pemerintah

Karsinogenik adalah zat yang dapat menyebabkan pertumbuhan sel kanker.

Korosif adalah sifat suatu substansi yang dapat menyebabkan benda lain hancur atau memperoleh dampak negatif. Korosif dapat menyebabkan kerusakan pada mata, kulit, sistem pernapasan.

Resin penukar ion atau polimer penukar ion adalah suatu resin atau polimer yang berperan sebagai medium pada pertukaran ion.

Reuse adalah menggunakan kembali sampah yang masih dapat digunakan untuk fungsi yang sama ataupun fungsi lainnya.

Toksik adalah senyawa beracun yang menimbulkan efek negatif bagi tubuh manusia bahkan menyebabkan kematian.

INDEKS

Adsorben, 4, 18, 25, 26, 27, 49, 50, 51,

Adsorpsi, 3, 4, 14, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 39, 40, 45, 46,
47, 48, 53, 58

Biomassa, 3, 40, 49, 53, 58

Biosorpsi, 23, 26, 38, 39, 41, 48, 50, 58

Good Housekeeping, 5, 58

Inplant Treatment, 6, 58

Karsinogenik, 9, 58

Korosif, 9, 59

Resin Penukar Ion, 15, 17, 18, 20, 29, 50, 59

Reuse, 5, 6, 59

Toksik, 2, 8, 9, 19, 38, 59

ISBN 978-623-6859-63-6



9 786236 859636